

青藏高原地区的光质对高原春小麦 生长发育、光合速率和干物质 含量影响的研究

韩 发 贾桂英

(中国科学院西北高原生物研究所, 西宁)

提 要

本文模拟研究了高原地区的不同光质对春小麦的生长发育、光合速率和干物质含量等方面的影响。实验结果表明: (1) 蓝光和蓝紫光的照射能使春小麦植株趋于矮壮, 提高总叶绿素含量, 增加叶绿素b值, 并能延迟春小麦的生育期和干物质积累的时间。(2) 红光和蓝紫光对春小麦品种的光合速率都比对照有提高效应, 其中红光最显著, 蓝紫光次之, 而蓝光下最低。(3) 红光和蓝紫光下积累的干物质含量均大于对照, 蓝光下的较低。从而论证了青藏高原地区较好的光质, 尤其丰富的蓝紫光是高原春小麦展出高产的重要生态因素之一。为在这一地区充分利用这一得天独厚的有利条件挖掘更大的高产潜力提供了科学依据。

地处青藏高原的柴达木盆地是我国著名的农作物高产区, 尤其历年来春小麦突出的高产记录是国内外任何地区所不能比拟的。但是, 柴达木盆地作物高产的生理生化机制以及与生态条件关系的研究是一项进行多年而至今还不十分清楚的课题。从六十年代起人们就对这一地区的春小麦、油菜、青稞和马铃薯等作物出现的高产进行了大量的调查分析。金善宝(1961)、黄庆榴等(1960)、朱文江等(1978)和程大志等(1979)曾先后论证了柴达木盆地春小麦的生长发育和物质生产等与这里的辐射强度(年总辐射量为160—170千卡/厘米²)、光照时数(平均年日照时数3,000小时以上)和昼夜温差(12.8—16.9℃)等生态要素之间的相互关系。

近年来, 随着科学的发展, 以及研究手段的不断提高, 作物产量与环境因素关系的研究有了新的进展和突破, 许多学者在探讨高原春小麦丰产规律的文献中认为, 高原地区春小麦获得高额丰产的原因, 不仅与品种的遗传特性和合理的田间管理有关, 而且与这里太阳辐射在全波段的能量和特定波段的分光辐射能有着密切的关系。高原上太阳短波辐射在很大程度上对植物的某些生理过程起着重要的作用, 指出柴达木盆地之所以能创造出春小麦的世界少见高产纪录和连续多年大面积亩产900公斤以上的高产水平, 这与特殊的生态环境是分不开的(董留卿, 1979; 田国良等, 1982; 金焱鑫等, 1981)。

大量研究证实, 太阳光的各组成部分不但与植物的生长发育密切相关, 而且是光合作用

* 本文承刘贞琦副教授审阅, 并提供宝贵意见。白秦安、高国强二位同志参加光合速度的测定工作, 特此致谢。

本文于1985年9月7日收到。

和物质生产的限制因子(户莉义次, 1973; 叶菲莫娃, 1977; Smith, 1982; Evans, 1982)。此外, 有关光质的一些试验也曾进一步证实了这一点(Nayak等, 1978; Kowallik, 1982; 倪文, 1980、1983,)。然而, 柴达木盆地不仅太阳的总辐射量大(表1), 而且太阳辐射中光合有效成分和平原相比差异极为显著, 其中蓝紫光比海平面的高78%, 紫外线比平原地区多2倍, 红光和红外线比海平面的大15%。在太阳总辐射中, 短波光比例明显增大, 如在格尔木短波光(蓝、紫、绿光)占总辐射的18.2%, 长波光(红光)占6.5%, 紫外光占3.5%。而在上海分别为11.7%, 10.6%和1.8%(戴加洗等, 1977; 金焱鑫等, 1981; 董留卿, 1979)。

青藏高原地区的这种独特的生态因素对高原春小麦的生长发育等的影响, 到目前未见报道。为此, 我们在1983—1984年的两年里, 在人为控制的条件下初步比较研究了不同光质对春小麦生长发育和光合速率等方面的影响, 试图探索高原地区的光质在高原春小麦高产形成过程中的作用。从而为充分开发和利用高原地区的自然资源, 挖掘农作物高产的潜力提供科学依据。

一、材料与方 法

1. 材料及处理

试验采用高原338、晋3269和阿勃等3个不同生态型的春小麦品种为材料。试验设置在本所试验地和温室中, 试验地共分4组, 每组为120×100厘米小畦, 每块小畦和大田一样, 于3月下旬同时分别播种上述3个品种, 灌水施肥以及除草松土等条件与大田相同。同时, 在温室中进行盆栽试验。以上田间小区和盆栽试验各重复3次。

当麦苗长出1至2片叶子时, 用作不同光质的处理, 不同光的获得是采用红色、蓝色和蓝紫色的玻璃纸滤光。即蓝色玻璃纸透过的蓝光波长为350—450 μm , 透光率为40%; 蓝紫色玻璃纸透过的蓝紫光波长为310—490 μm , 透光率为65%; 红色玻璃纸透过的红光波长为590—720 μm , 透光率为75%。在试验小畦和花盆上分别罩上用这几种透明玻璃纸做成的滤光罩, 然后以透过蓝紫色玻璃纸罩下面的光能量为标准(光能量用日产LI-188B型量子/辐射/照度计测定), 分别提高其他滤光罩的高度或另加相应的玻璃纸, 使调整后透过各色玻璃纸罩下面的光能量基本一致, 如分蘖期(5月8日上午11点晴)各罩子下面的能量为520微爱因斯/米²·秒, 孕穗期(6月12日11点晴)各罩子下面的能量为680微爱因斯/米²·秒。并以放无色玻璃纸罩的组为对照。为了使各组之间和罩子内外的温度、湿度、风速和CO₂浓度等因素达到一致, 在125厘米(长)×105厘米(宽)×110厘米(高)的各罩子四周下沿离地面留10—12厘米宽的距离, 在罩子四周的玻璃纸上, 离地面110厘米高处留直径为3厘米的通气空各两个。使之接近自然条件。麦苗长到分蘖期时, 开始随机取样、定期观测各组的生育状况和其他变化。

2. 测定方法

叶绿素含量参照吉田昌一(1972)的方法测得; 用日产ASSA-1610型植物同化分析仪测定抽穗期植株剑叶的光合速率和暗呼吸强度, 测定时所用的不同光质分别用不同颜色的玻璃纸覆盖1000W钠灯而获得, 并以无色玻璃纸覆盖钠灯管而获得的混合光作对照。照到叶室表面各色光的能量为298微爱因斯/米²·秒左右, 每个供试材料同时重复测定5次, 测呼吸

强度时, 只是叶室需要罩上黑布, 其他测定步骤均与光合速率的测定方法相同, 光合速率和呼吸强度均在上午10—11点采用离体植株测得; 同时, 在不同生育期测定了植株中的某些碳水化合物含量和有关的酶活性。此外, 测定了植株的鲜重、干重和株高等项目。现将在不同光质下春小麦的生长、发育、光合速率等方面的变化报道如下。

二、结果与分析

1. 光质对春小麦生长、发育的影响

将生长在不同光质下的3个春小麦品种, 在分蘖期和拔节期的植株高度变化作一比较(表2), 不难看出麦苗高度受红光的促进比对照增高了6.1—10.8%; 受蓝光和蓝紫光的抑制而分别比对照下降了2.1—4.3%, 3.2—9.5%。这种差异不论在成熟较早的高原338和晋3269品种中, 还是在发育较慢的阿勃品种内都较明显。并且, 不同处理对3个品种的分蘖和茎叶重也有明显的影响, 即蓝光下生长的麦苗其分蘖数比对照有增加趋势。植株的茎叶重量和对照相比, 由于受红光的照射而有所增加, 因蓝光的影响而出现下降。就麦苗的生长健壮

表 1 各地年辐射总量 (千卡/厘米²)

Table 1 Total solar radiation per year of the different region (KC/cm²)

地名	紫达木盆地	西宁	北京	南京	上海	成都	重庆
全年	165—180	147.0	134.5	116.1	113.1	90.7	83.4
夏半年 (4—9月)	103.6	90.1	85.3	71.4	69.8	59.7	59.1
冬半年 (10—3月)	62.7	56.9	49.2	44.7	43.3	31.0	24.3

表 2 不同光质下春小麦品种植株高度的变化 (厘米)

Table 2 Change of the growth of plants under various light wavelength in different varieties of spring wheat (cm)

品种 生育期 光质	高原338		晋3269		阿勃	
	分蘖期	拔节期	分蘖期	拔节期	分蘖期	拔节期
对照	31.2	42.6	34.7	46.2	27.0	44.3
红光	34.1	47.2	37.6	49.0	28.2	47.2
蓝光	30.5	41.5	34.0	45.1	26.4	42.2
蓝紫光	29.8	39.9	33.6	44.0	25.9	40.1

情况来看, 蓝紫光处理的效果明显地比对照要强。此外, 在4种处理条件下, 生长在蓝光和蓝紫光下的3个品种, 生育期一般都比红光下的延迟2—3天, 这与高原地区农作物成熟期的推迟现象一致(贾桂英等, 1984)。

2. 不同光质对叶绿素含量的影响

叶绿素含量的测定结果表明(表3), 从分蘖期到乳熟期, 各处理组的叶绿素含量都高于对照, 其中蓝光下3个品种的叶绿素含量比对照高14.2—21.6%, 蓝紫光下的比对照高

表 3 不同光质对春小麦叶绿素含量的影响(单位:毫克/克鲜重)

Table 3 Effect of the content of chlorophyll by various light wavel ength in different varieties of spring wheat (Unit:mg/g fresh weight)

品种 光质 生育期	高原338				晋3269				阿勃			
	对照	红光	蓝光	蓝紫光	对照	红光	蓝光	蓝紫光	对照	红光	蓝光	蓝紫光
分蘖期	2.210	2.426	2.619	2.567	2.230	2.400	2.638	2.546	2.207	2.361	2.606	2.465
拔节期	2.751	2.875	3.151	3.012	2.813	2.985	3.215	3.104	2.951	3.224	3.591	3.351
抽穗期	3.122	3.330	3.683	3.475	3.336	3.525	3.831	3.643	3.200	3.509	3.724	3.708
灌浆期	3.846	4.226	4.519	4.302	4.004	4.401	4.684	4.520	4.201	4.398	4.938	4.588
乳熟期	3.057	3.211	3.495	3.272	3.508	3.801	4.032	3.985	3.332	3.586	3.965	3.678

9.2—16.1%，红光下的比对照高 4.5—9.9%。在整个生育过程中，短波光下的叶绿素含量都比较高，甚至在乳熟后期它们的叶绿素含量仍比对照和红光下的要高。同时发现，整个叶绿素b的含量比叶绿素a的含量要高0.04—0.45毫克/克鲜重。品种之间叶绿素含量的差异却很小，而不同光质对3个品种叶绿素含量的影响较大，尤其蓝光和蓝紫光对叶绿素的形成和积累有明显的促进作用。据调查，青藏高原地区大多数植物的叶片颜色都具有深绿色的特点。二者表明高原地区植物所具有的这种现象可能与这里的短波辐射有关。

3. 光质对春小麦光合速率的影响

在不同光质下春小麦的光合速率明显不同。如表4所示，在抽穗期，生长在红光和蓝紫光下的各品种的光合速率比对照要高。但在蓝光下3个品种的光合速率都比较低。即各处理组与对照的差异为：红光下的比对照高18.0—31.0%；蓝紫光下的比对照高 6.6—19.1%；而蓝光下的比对照低 7.0% 左右。而且表明，光合速率在同一生育期内虽因品种的不同而有的高，有的低。但红光和蓝紫光对各品种光合速率的促进效应却较显著。

植物组织的呼吸强度受着许多内部及外界条件的限制，从表5得知，光质也是一个较明显的影响因素。在不同光质下，3个品种叶片的暗呼吸强度均较对照为高，3种光质相比，生长在红光下的植株叶片暗呼吸比较低，蓝紫光下的处于处理组的中间状态，而生长在蓝光

表 4 不同光质对春小麦品种光合速率的影响

Table 4 Effect of the photosynthesis by various light wavelength in different varieties of spring wheat

品种	光合速率 (毫克CO ₂ /分米 ² ·小时)			
	对照	红光	蓝紫光	蓝光
高原338	9.51	12.53	10.24	9.11
晋3269	11.35	13.39	12.44	10.17
阿勃	10.43	12.57	12.42	10.01

表 5 不同光质对春小麦品种叶片暗呼吸强度的影响

Table 5 Effect of the dark breath by various light wavelength in different varieties of spring wheat

品种	呼吸强度 (毫克CO ₂ /分米 ² ·小时)			
	对照	红光	蓝紫光	蓝光
高原338	1.31	1.84	2.08	2.34
晋3269	1.91	1.99	2.19	2.38
阿勃	1.30	1.44	2.02	2.04

下的植株叶片暗呼吸明显的高于对照。同时, 3 个品种间的暗呼吸强度不论是对照组还是处理组, 晋3269品种为最高, 高原338的居中, 阿勃的较低。

4. 光质对春小麦干物质积累的影响

不同生育期内 3 个品种干物质积累的变化列如表 6, 结果表明: 春小麦干物质积累过程

表 6 不同光质对春小麦品种干物质积累的影响(克/单株)

Table 6 Effect of the dry matter acculation by various light wavelength in different varieties of spring wheat (g/individual plant)

品种 光质 生育期	高原338				晋3269				阿勃			
	对照	红光	蓝光	蓝紫光	对照	红光	蓝光	蓝紫光	对照	红光	蓝光	蓝紫光
分蘖期	0.550	0.630	0.595	0.591	0.454	0.717	0.580	0.600	0.410	0.668	0.563	0.583
拔节期	0.822	0.920	0.816	1.095	0.590	0.911	0.820	1.033	0.610	1.088	0.785	0.831
抽穗期	1.161	1.920	1.172	1.538	1.572	1.861	1.638	1.786	1.169	1.648	1.252	1.439
乳熟期	4.550	4.801	4.500	4.610	5.251	5.611	5.301	5.412	5.050	5.750	5.250	5.500

的总趋势与其他研究者报道基本一致。不过, 不同品种在同一生育期内单株干物质的积累动态和含量高低与植株所接受的光质关系密切。也就是说在整个生育期春小麦干物质的积累因不同光质的影响而有很大差异。在红光下植株的单株干物重不论在分蘖期还是在乳熟期都高于对照和其他两组处理, 蓝紫光下积累的干物重含量仅次于红光下的, 而蓝光下的干物质积累较少。以田间和温室盆栽试验观察到, 蓝光和蓝紫光下 3 个品种的干物质积累时间, 以及灌浆的持续时间都比对照和红光下的长 3—6 天。这与前面所述的在蓝紫光下生育期延迟的现象一致。

三、讨 论

两年多的试验结果表明, 光质与春小麦生长发育的关系极为密切。蓝色和蓝紫色短波可见光对春小麦植株的伸长有明显的抑制作用; 而红色长波光则具有促进作用。这与在水稻和牧草试验中所获得的结果相似(倪文, 1980; 韩发等, 1984)。由此可见, 高原地区植物的矮壮现象与这里丰富的短波光的长期照射是分不开的。通过蓝紫光下所观测到的春小麦生育期延迟和干物质积累时间延长等现象, 证明青藏高原地区春小麦所具备的这种特点, 并不仅仅是因这里气温偏低所致, 可能短波光的照射也是一个重要的因素。

本试验在证明蓝光增加叶绿素含量这一事实(Inada, 1973; 倪文, 1980; Nayak等, 1978)的同时, 还观测到蓝紫光同样具有促进叶绿素的形成和提高叶绿素 b 含量, 改变叶绿素 a/b 比的效应。这就表明高原蓝紫光对春小麦是有效的。光质对上述品种光合作用的效应与Gabrielson(1948)、高博(1982)、户莉义次(1973)等人的报道相似。户莉义次表明高等植物的光合作用光谱上, 有两种类型, 其一是在红色光和蓝色光部位有两个峰值, 另一种型式就是只是在红光部位才出现峰值, 而比其短波一侧, 随着波长的变短, 表现出光合作用有降低的趋势。这时在蓝色光部位, 光合作用强度变成最低值。认为其原因是这个波长范围的

光被钝性吸收,就是说在蓝光部位,在叶绿素吸收峰出现的同时,也显示出类胡萝卜素的吸收带。如果两种波长的光配合照射时,则有其增益效应。另一方面据Nayak, Janardhan和Murty (1978) 等人报道,光强和光质对水稻光合速率和呼吸作用的效应与各种光质的单色光强度有关。不同强度的蓝光对植物的光合速率和呼吸效应是有差异的。Kowallik (1982) 认为蓝光对植物的呼吸作用有两个显著的影响,低强度时能引起加强,高强度能引起抑制。指出这与黑暗中细胞摄取氧的差异有关。本试验结果表明,在既低光强又用蓝光处理的条件下春小麦光合速率下降,暗呼吸加强的趋势与上述水稻试验的结果相似。这就说明春小麦的光合作用和呼吸作用的变化同样依赖于光照强度和光质的变化。因此,根据柴达木盆地春小麦光合作用大、呼吸消耗少的实际特征和本试验结果。初步推测,在青藏高原地区,不仅日照长,辐射强,温差大是高原春小麦以及其它作物获得高光合速率,低呼吸强度和干物质积累多的重要原因。而且丰富的短波光也是这一地区春小麦获得高额丰产的重要生态因素。

参 考 文 献

- 卢荆义次 1973 作物的光合作用与物质生产 (薛德格译)。第180—384页,科学出版社。
- 叶菲莫娃 1977 植被产量的辐射因子 (王炳忠译)。第74—160页,气象出版社。
- 田国良、林振耀、吴祥定 1982 西藏高原东部农作物生长季(5—10月)紫外、可见和红外辐射特征的初步分析。气象学报40(3):344—352。
- 朱文江、康素珍 1978 柴达木盆地春小麦高产的气候因素。中国农业科学(2):51—56。
- 金善宝 1961 青海柴达木盆地春小麦高产的调查分析。中国农业科学(3):34—37。
- 金葆鑫、严进端等 1980 柴达木灌区春小麦高产与光、温、风、湿的关系。春小麦丰产规律研究论文集。第45—64页。青海人民出版社。
- 贾桂英、江德亨等 1984 不同生态型春小麦对不同生境适应性的比较研究。高原生物学集刊(3):217—225。
- 倪文 1980 不同光质对稻苗生长的效应。云南植物研究2(2):194—201。
- 黄庆榴、王祝华等 1960 1962年青海德令哈农场春小麦高产原因的初步分析。小麦丰产研究论文集。第179—184页。上海科技出版社。
- 程大志、鲍新套等 1979 柴达木盆地春小麦高额丰产形态生理指标的初步探讨。中国农业科学2(4):29—39。
- 董留卿 1979 青海春小麦高产实践。第10—16页。农业出版社。
- 韩发、贾桂英 1984 蓝紫光对几种牧草生长和品质的影响。高原生物学集刊(4):5—8。
- 戴加洗、李鹏杰等 1977 青藏高原唐古拉山地区辐射状况和冷热源问题的探讨。青藏高原气象会议论文集。第176—193页。
- 高博 1982 異なる光质下で生育した作物葉の光学的特性と光合成の波長依存性。生物環境調節20(1):1—7。
- Nayak, S. K. Janardhan, K. A. and Murty, K. S. 1978 光强和光质对水稻光合速率的影响 (张晓红译)。高光效率与作物丰产。第146—148页。科学技术文献出版社重庆分社。
- Evans, L. T. 1982 Plant response to climatic factors. pp. 21—35。
- Gabrielsen, E. K. 1948 Influence of light of different wavelengths on photosynthesis in foliage leaves. *Physiol. Plant.* 1:113—123。
- Inada, K. 1973 Spectral dependence of growth and development of rice plant. 1. Effect of the selective removal of spectral component from white light on the growth of seedling. 日作纪(42):67—71。
- Kowallik, W. 1982 Blue light effects on respiration. *Ann. Rev. Plant Physiol.* (33): 51—72。
- Smith, H. 1982 Light quality, photoperception and plant strategy. *Ann. Rev. Plant physiol.* (33):481—518。

THE EFFECT OF LIGHT QUALITY ON GROWTH, PHOTOSYNTHESIS AND CONTENT OF DRY MATTER OF PLATEAU SPRING WHEAT IN QINGHAI-XIZANG PLATEAU

Han Fa Ben Guiying

(Northwest Plateau Institute of Biology, Academia Sinica, Xining)

This paper reports the effect of light quality on the plateau on the growth, photosynthesis and content of dry matter of spring wheat in the plateau. The result of the experiment indicates that:

1. Blue light and blue purple light can make wheat stems short and strong, raise the total amount of chlorophyll, increase chlorophyll and delay the accumulation of dry matter of spring wheat and its growth.

2. Red light and blue purple light have accelerating effects on the photosynthesis of three kinds of spring wheat. Their photosynthesis rates are highest under red light, and is higher under blue purple light than under blue light.

3. Red light and blue purple light increase the content of dry matter of plants. The content of dry matter of plants are obviously decreased under blue light.

Thus it is demonstrated that the abundant blue purple light in Qinghai-Xizang plateau area is one of important ecological factors for high yields of plateau spring wheat and other crops for many years running. The results provide some scientific basis for tapping the potentialities of higher yields by full utilization of this ecological factor in highland regions.